

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑰ 特許出願公開

⑱ 公開特許公報 (A) 昭63-154085

⑲ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 02 P 5/00  
G 05 B 13/04

識別記号

厅内整理番号

X-7315-5H  
8225-5H

⑳ 公開 昭和63年(1988)6月27日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

㉑ 発明の名称 物理系システムにおける未知変動パラメータの検出装置

㉒ 特願 昭61-297617

㉓ 出願 昭61(1986)12月16日

㉔ 発明者 神宮寺 俊夫 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社  
内

㉕ 出願人 日本鋼管株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

㉖ 代理人 弁理士 鈴江 武彦 外2名

明細書

1. 発明の名称

物理系システムにおける未知変動パラメータの検出装置

2. 特許請求の範囲

入力信号を受けて所定の動作を行う物理系システムの未知変動パラメータを検出する装置において、前記物理系システムの既知パラメータと可変パラメータとで数学モデルを作成し、かつ、この数学モデルの各マトリクスを可調整な構成とし、この数学モデル系の内部状態変数と前記物理系システムの状態変数との誤差に応じて前記数学モデル系の各マトリクスを可変して前記誤差が零となる様に制御するマトリクス可変制御手段とを備え、この誤差零の時の前記マトリクス可変制御手段の出力をもって前記物理系システムの未知変動パラメータとすることを特徴とする物理系システムにおける未知変動パラメータの検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、計装システムや駆動系システム等の各種未知変数パラメータを検出する装置に係わり、特にシステムの稼働中でも未知変動パラメータを検出し得る物理系システムにおける未知変数パラメータの検出装置に関する。

(従来の技術)

この種の物理系システムとしては各種のものがあるが、そのうち駆動系システムの1つとして例えば他励直流電動機系を上げることができる。

従来、この種の電動機におけるオンライン時の負荷トルク  $T_L$  は、

$$T_L = 0.975 \frac{V - I R_a}{N} - k_1 - k_2 N - k_3$$

なる式に基づき、 $V$ 、 $I$ 、 $N$ を測定することによって求めている。但し、 $V$ は電動機の端子電圧、 $I$ は電機子電流、 $R_a$ は電機子回路抵抗値、 $N$ は回転速度、 $k_1$ ～ $k_3$ は定数または既知なる関数である。なお、定数  $k_1$ ～ $k_3$  は事前に測定して

得るものとする。

また、従来の一般的なプロセス計装においては、物理系システムとなるプロセスとは別に当該プロセスを計算機等で模擬化した状態観測モデルを用意し、これらプロセスと状態観測モデルとに同一の入力を与えて両系の出力差つまり偏差を零とすべく状態フィードし、この状態観測モデルの状態変数に基づいて調節演算を行ってプロセスを制御するものがある。

#### (発明が解決しようとする問題点)

しかし、前者の電動機の負荷トルク検出手段、つまり上式の計算式に基づいてV, I, Nを測定して負荷トルク $T_L$ を求める方法は事前に定数 $k_1 \sim k_3$ および電機子回路抵抗値 $R_a$ を正確に求めていないと、上記計算式より求めた負荷トルク $T_L$ に大きな誤差が生じ、また電動機の使用条件によって電機子回路抵抗値 $R_a$ が時々刻々変化する場合にも同様に負荷トルク $T_L$ に大きな誤差が生じ、このため電動機の負荷トルクの測定上、上記要因による影響は無視し難いものがある。そ

変数を求める物理系システムにおける未知変動パラメータ検出装置を提供することを目的とする。

#### (問題点を解決するための手段)

本発明による物理系システムにおける未知変動パラメータの検出装置は、物理系システムの既知パラメータと可変パラメータとで数学モデルを作成し、かつ、この数学モデルの各マトリクスを可調整な構成とし、この数学モデル系の内部状態変数と前記物理系システムの状態変数との誤差に応じて前記数学モデル系の各マトリクスを可変して前記誤差が零となる様に制御するマトリクス可変制御手段とを備え、この誤差零の時の前記マトリクス可変制御手段の出力をもって前記物理系システムの未知変動パラメータとするものである。

#### (作用)

従って、以上のような手段とすることにより、物理系システムの状態変数と数学モデル系の状態変数との誤差を求め、この偏差をマトリクス可変制御手段により零になる様に数学モデル系の各マトリクスを可変する。そして、両系の出力差が零

こで、定数等を正確に検出する必要があるが、オンライン時または外乱が生じているときにはそれらの定数等を測定することは難しい。また、上記計算式の中に微分形が入っていることも負荷トルクの測定精度を低下させて好ましくないと考えられている。

一方、後者の状態観測モデルを用いたものは、状態観測モデルのパラメータが正確であると考えて制御を実行しているが、実際のプロセスと全く同一のパラメータを持った状態観測モデルを実現することが難しい。しかも、稼働中にプロセスの各種パラメータが変化することもあり、またプロセスに加わる外乱によっても制御パラメータが異なってくる。従って、プロセスを模擬化することは可能であるが、そのプロセスの各種状態量を正確に検出することは難かしい。

本発明は上記実情に鑑みてなされたもので、物理系システムの未知変動パラメータを容易に検出し得、かつ、オンライン中でも確実に検出でき、また未知変動パラメータを求ることにより状態

つまり誤差が零となった時のマトリクス可変制御手段の出力値を読み取ることにより、前記物理系システムの未知変動パラメータとして特定するものである。

#### (実施例)

以下、本発明装置の一実施例について説明するに先立ってその基本的な構成について第1図を参照して説明する。同図において10は物理系システムであって、これは例えば流量制御、圧力制御、温度制御等の一般的なプロセス計装の外、鋼板圧延制御等の駆動系システム等を対象とする。従って、この物理系システム10への外乱はその対象によって異なるものである。20は前記物理系システム10を電子計算機等で模擬化した数学モデル系であって、前記物理系システム10の既知パラメータと可変パラメータとを用いた状態方程式に基づいて数学モデルを構成したものである。なお、数学モデル系20には物理系システム10の1次または2次の関数で変動する未知変動パラメータに相当する部分として可調整なマトリクスを

用いる。そして、これらの物理系システム10および数学モデル系20には物理系システム10と同一の信号が入力される様になっている。31は両系10, 20の出力差つまり誤差を求める誤差演算手段であって、この誤差信号はマトリクス可変制御手段32に送出される。このマトリクス可変制御手段32は、積分要素を有し、かつ、ゲイン修正要素等を持っており、その出力はモデル系20のマトリクス調整用制御信号として出力される。従って、モデル系10のマトリクスはマトリクス可変制御手段32からの制御信号によって制御され、前記誤差演算手段31の出力が零になるまで行われることになる。そして、誤差演算手段31の出力零の時のマトリクス調整制御手段32の出力値をもって物理系システム10の未知変動パラメータであると特定するものである。

次に、本発明装置の一実施例として例えば他励直流電動機の負荷トルクを未知変動パラメータとみなして検出する場合について第2図を参照して説明する。同図において10'は伝達関数形で表

表わすことが可能であれば、当該電動機系10'は上記式を次のような状態方程式で表わすことができる。

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad \dots \dots (1)$$

但し、 $x = [\omega, i_a]^T$ ,  $u = [1, v_{aa}]^T$ ,  $x$ は状態ベクトル,  $A$ は係数マトリクス,  $B$ は駆動マトリクス,  $u$ は入力ベクトルである。従って、上記状態方程式から電動機系10'の負荷トルクはマトリクスBの中の要素として表現できる。そして、マトリクスAと日々の変動する要素をオンラインで検出することができれば、電動機系10'の負荷トルクのみならず、電動機系10'の $R_{aa}$ 等の各種パラメータも検出することが可能となる。

そこで、本発明装置の実施例では、前記A, Bを検出するために既知なるパラメータと可変パラメータにより

$$\dot{x}_m = A_m x_m + B_m u \quad \dots \dots (2)$$

なる状態方程式の数学モデルを作り、これをモデル系20として構成する。即ち、このモデル系20は、可変マトリクス21, 22と、電動機系

わした物理系システム10としての他励直流電動機系であって、この電動機系10'には電機子電圧 $v_{aa}$ が入力される。11は電動機の伝達関数,  $T_L/k_T$ はトルク外乱,  $k_T$ はトルク定数,  $1/J \cdot s$ は慣性率による伝達関数,  $k_E$ は逆起電力定数を示す。従って、以上のような電動機系10'の伝達関数形から下記に示すような関係式が成立する。

$$\begin{aligned} J \cdot (d\omega/dt) + \tau_L - \tau_M \\ \tau_M = k_T \cdot i_a \\ L_{aa} \cdot (di_a/dt) + R_{aa} \cdot i_a \\ = v_{aa} - e_{aa} \\ e_{aa} = k_E \cdot \omega \end{aligned}$$

但し、上式においてJは慣性率,  $\omega$ は角速度,  $\tau_L$ は電動機負荷トルク,  $\tau_M$ は電動機トルク,  $i_a$ は電機子電流,  $v_{aa}$ は電機子端子電圧,  $e_{aa}$ は逆起電力を示す。また、 $k_T$ ,  $k_E$ , 電機子回路インダクタンス $L_{aa}$ , 電機子回路抵抗 $R_{aa}$ は定数または変数を意味する。

ところで、電動機系10'を線形微分方程式で

10'の積分形に対応させた積分器23とで構成され、マトリクス22に電動機系10'と同一の電機子電圧 $v_{aa}$ つまり入力ベクトル $u = [v_{aa}^T]$ が入力される様になっている。これらマトリクス21, 22の両出力は加算演算手段24で加算して積分することにより、モデルとしての状態変数 $x_m = [\omega, i_a]^T$ を得ている。

そして、電動機系10'の状態変数 $x$ とモデル系20の状態変数 $x_m$ とを誤差演算手段31に入力し、ここで両出力の誤差 $x_1$ を求めてマトリクス調整制御手段32に供給するものである。このマトリクス調整制御手段32は、入力ベクトル $u$ と誤差演算手段31の出力を受けて演算するマトリックス演算器32a, 積分要素32bおよび比例ゲイン要素32c等で構成され、各積分要素32bおよび比例ゲイン要素32cの両出力を加算演算手段32dで加算しこの加算出力を各可変マトリクス21, 22へ導入して可変しながらモデル系20の内部状態変数を変えるとともに、前記誤差出力 $x_1$ の各時の前記加算演算手段

32dの出力を未知なる変動パラメータつまり負荷トルクとして検出する。

しかし、以上のようなモデル系20、誤差演算手段31およびマトリクス可変制御手段32等により未知なる変動パラメータを検知できる根拠を説明する。即ち、モデル系20は上記(2)式で示すような数学モデルで構成している。ここで、モデル系20の内部状態変数 $x_1$ と電動機系

10'の状態変数 $x$ が誤差演算手段31により、

$$\dot{x}_1 = x_2 - x$$

なる誤差として取り出される。今、 $x_2$ が $A \equiv A - A$ と $B \equiv B - B$ の要素であって零以外の要素を並べたベクトルとすれば、(1)式と(2)式とから、

$$\dot{x}_1 = f_1(x_1, x_2, x_0, u)$$

となり、 $f_1$ を決めることができる。そこで、 $x_1$ と $x_2$ からできる正定値二次形式の関数 $V(x_1, x_2)$ に対し $\dot{V} \leq 0$ となるように $x_2$ を選べば、 $t = \infty$ の時、 $x_2 = 0$ となる。すなわち、 $t = \infty$ の時、 $A \equiv A$ 、 $B \equiv B$ となり、数学モデルの $A \equiv A$ より $A$ と $B$ を検出することができる。

形して実施できる。

#### (発明の効果)

以上詳記したように本発明によれば、物理系システムの状態変数とモデル系の状態変数との誤差 $V$ を零とする様にモデル系のマトリクスをマトリクス可変制御手段により可変しながら、このマトリクス可変制御手段の出力から物理系システムの未知なる変動パラメータを検出する様にしたので、物理系システムの未知変動パラメータを容易に検出し得、かつ、オンライン中でも確実に検出できる物理系システムにおける未知変動パラメータ検出装置を提供できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係わる物理系システムにおける未知変動パラメータ検出装置の基本的な構成図、第2図は本発明装置を直流電動機に適用した一実施例としての構成図である。

10…物理系システム、20…数学モデル系、  
21、22…可調整マトリクス、23…積分器、  
31…誤差演算手段、32…マトリクス可変制御

能となる。この時、 $V$ はリアブノフ関数となっていき、そこで、 $\dot{x}_2$ を得る具体的な回路としては、

$$\dot{x}_2 = -g - \alpha \dot{g}$$

なる(比例+積分)型つまり誤差値 $x_1$ を比例ゲイン要素32bと積分要素32cとを通して得る。但し、 $g = f_2(x_1, u, P)$ であり、 $\alpha \geq 0$ かつ $P$ は任意な正定値対称行列である。ここで、

$$\dot{A} \approx 0, \dot{B} \approx 0 \dots \dots \dots \quad (3)$$

の時、未知なる変動パラメータ $A \equiv A$ と $B \equiv B$ が、

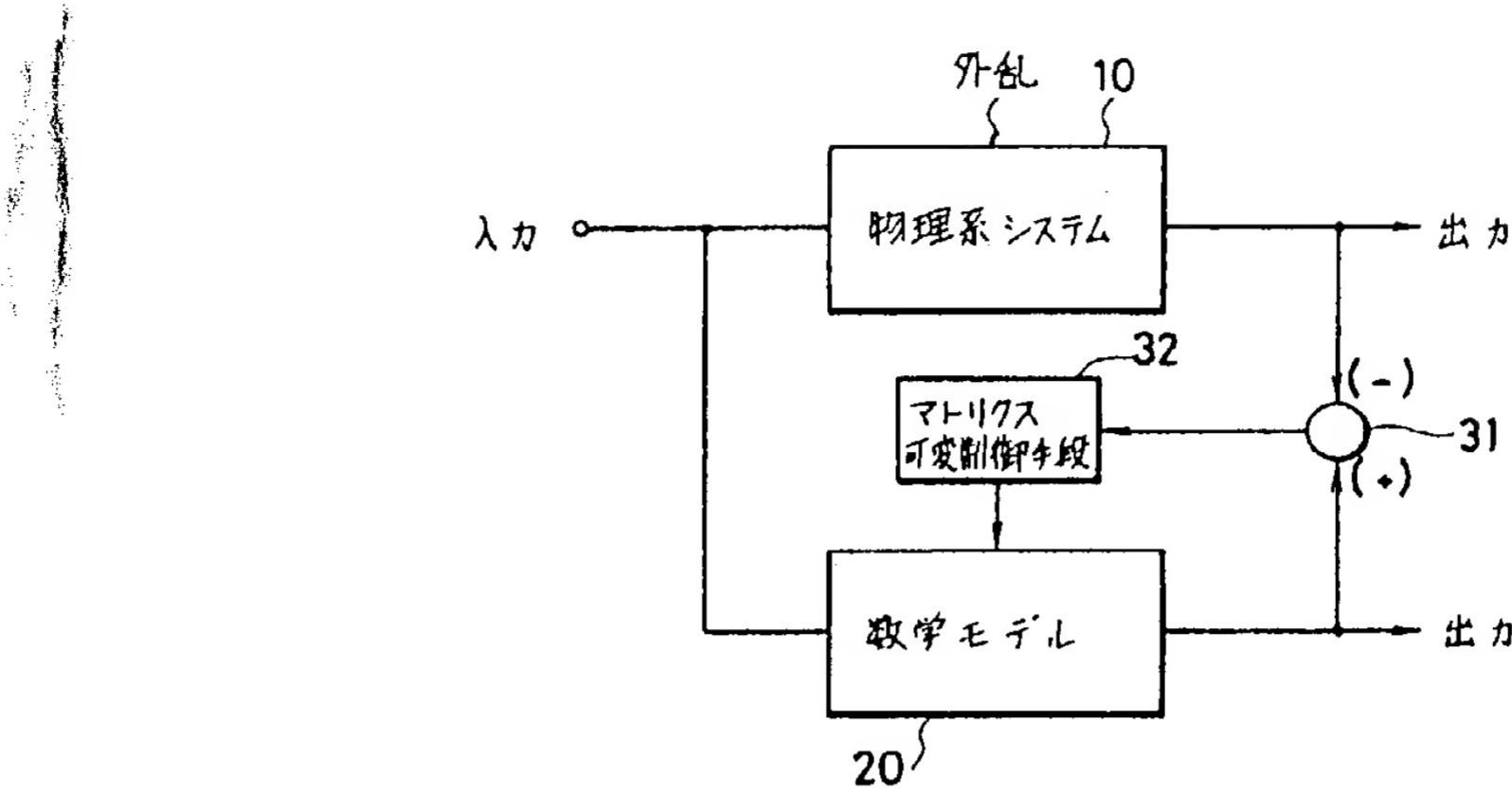
$$-\int g dt = \alpha g \quad (\alpha \geq 0)$$

なるベクトル要素で得ることができる。このことは誤差 $x_1$ が零の時に加算演算手段32dの出力を検出すれば、電動機系10'の未知なる変動パラメータを検出することができる。

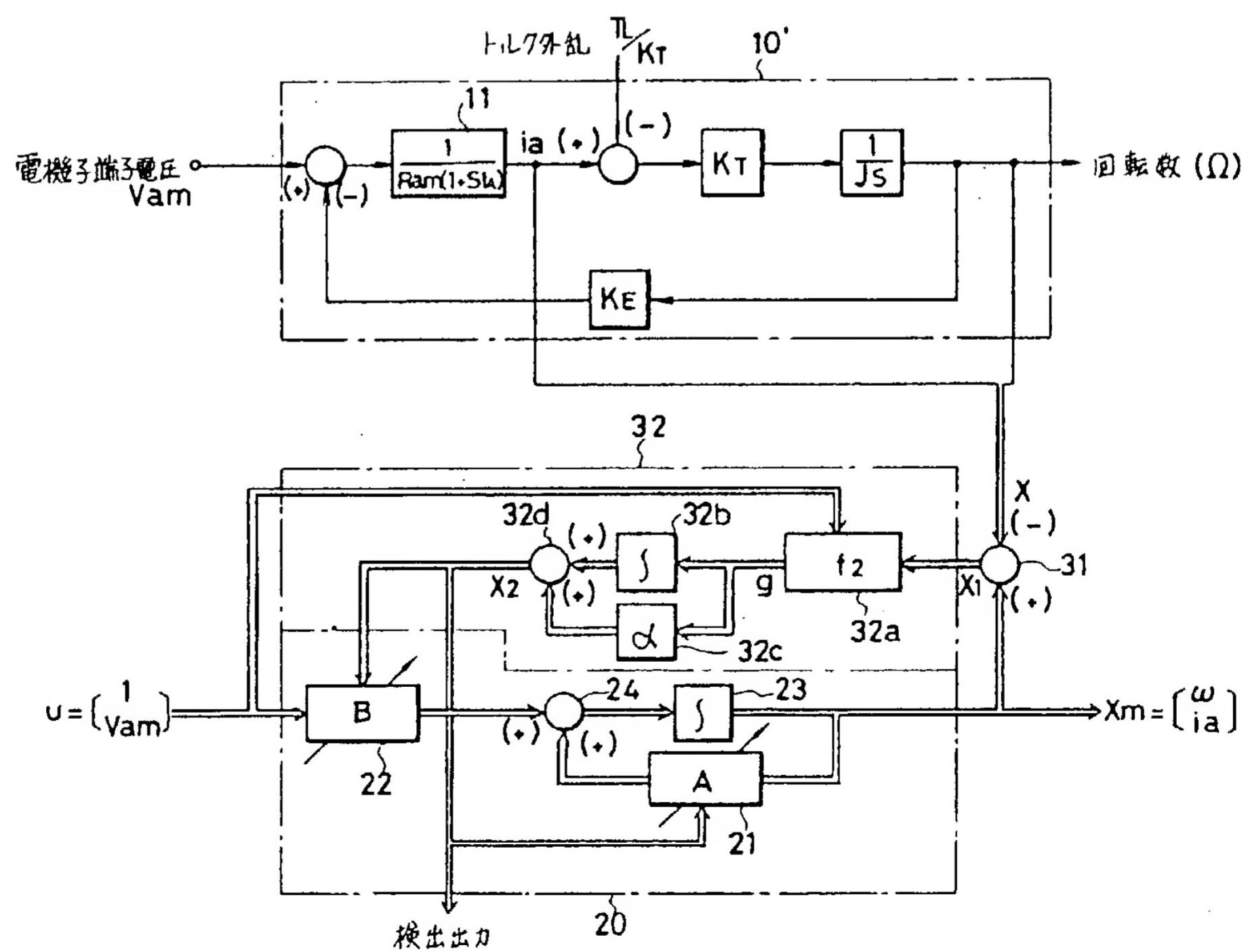
なお、上記実施例は直流電動機系の未知なる変動パラメータの検出例について述べたが、物理系システム10が線形微分方程式で記述できるものであれば、他の各種の対称の未知なる変動パラメータを検出できることは言うまでもない。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変

手段。

出願人代理人 弁理士 鈴江 武彦



第 1 図



第 2 図